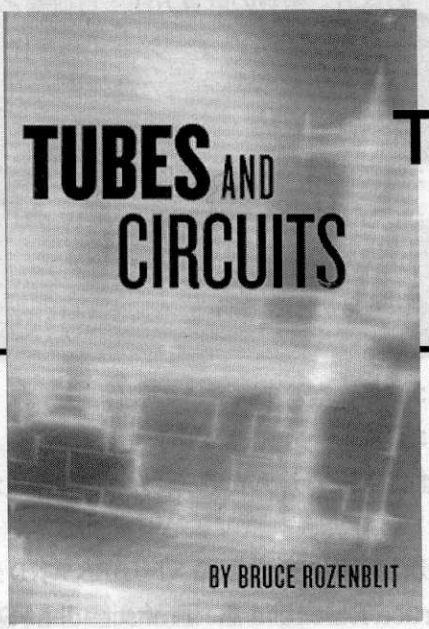


まるごと1章解説

TUBES AND CIRCUITS

300B-OTLパワー・アンプの詳細

丹野哲男

洋書新刊，真空管と回路（TUBES AND CIRCUITS）レビューと，300Bを採用したOTLアンプ製作プロジェクトを1章分丸ごと翻訳してご紹介します．

*

書評：**真空管と電子回路**（TUBES AND CIRCUITS），ブルース・ローゼンブリット著，トランセンデント・サウンド社（ミズーリ州，カンザスシティ）発行，268頁，2012年

真空管OTLアンプやプリアンプのキット製品を開発している，米ミズーリ州カンザス市にあるトランセンデント・サウンド社の社長兼デザイナー，ブルース・ローゼンブリット氏による新刊が，この7月に発売された．

氏は，以前もAudio Realityという，オーディオ界の様々なアイディアや，神話を取り上げ，それらが科学的，あるいは工学的に根拠がある話なのか，一つずつ検討して行くという本を出版している．

今回の本は，真空管アンプに関しての，技術的な基礎力を身につけるための本と言えるだろう．

さて，この本のタイトルは，「Tubes and Circuits（真空管と電子回路）という，シンプルなものだ．この辺は著者の生真面目さを表しているようだ（マーケティング力で無理に売る気はないようだ）．表紙のデザインも，まるで教科書的である．

内容は，タイトルそのままで，真空管回路の初歩から，最新のアンプ回路までを詳しく解説した本である．約210頁を費やして，オームの法則から直・並列回路の基礎を学び，次ぎに交流回路で，周波数・位相とサイン波を説明する．次ぎに，インダクタンス・キャパシタンスの性質を学習．回路網から，負帰還回路での帰還率や，増幅度などの計算方法が説明される．

それから電界に少し触れたところで，真空管内のポテンシャルのプロットを詳しく紹介している（グリッドがある場合のプロットは面白い）．真空管の特性と，等価回路での計算で，電圧増幅回路，カソード・フォロワ，差動アンプ，グリッド接地アンプ，位相反転回路，パラレル接続など，トランセンド社のアンプの要素回路でのデザイン方法を示す．最後に直流電源回路を解説し，理論編を終わる．

このあと，この本の大サービス，目玉としてのプロジェクトのページが続く．ここでは，理論編である程度回路が分かるようになった読者に，実用になる回路を製作をするプロジェクトが5本提供されることだ．各プロジェクトには，回路図，設計課程が分かる様な詳細解説，部品表，写真が付いているので，基礎が出来た読者が実用となる回路はどういうものか，読んでいるだけでも，かなり深く学ぶことが出来る工夫がある．もちろん，実際に製作をすれば，さらに地に足の付いた知識が得られることだろう．製作過程で，ちょうどよいくらいの失敗（めげない程度の）をすると，さらに実力が付くだろう．

このプロジェクトでは，OTLアンプが2種類，あと3種類は真空管の測定器になっている．

第1プロジェクトのOTLアンプは，プラス・マイナス電源を使った，各チャンネル15Wの正統的ステレオOTLアンプ．制作費が余りかからないように工夫されたデザインである．

第2プロジェクトのOTLアンプは，300Bを4本並列接続して使う，シングル・エンド，Aクラスのモノラルアンプ．カソード・フォロワー型の出力段で，出力は1W．特徴はカソード負荷に電流シンクを使うことで，バイアス調整が必要のないデザインである．しかし，これはステレオにするために300Bを8本も使うという，超贅沢仕様．どんな音がするか，気になる

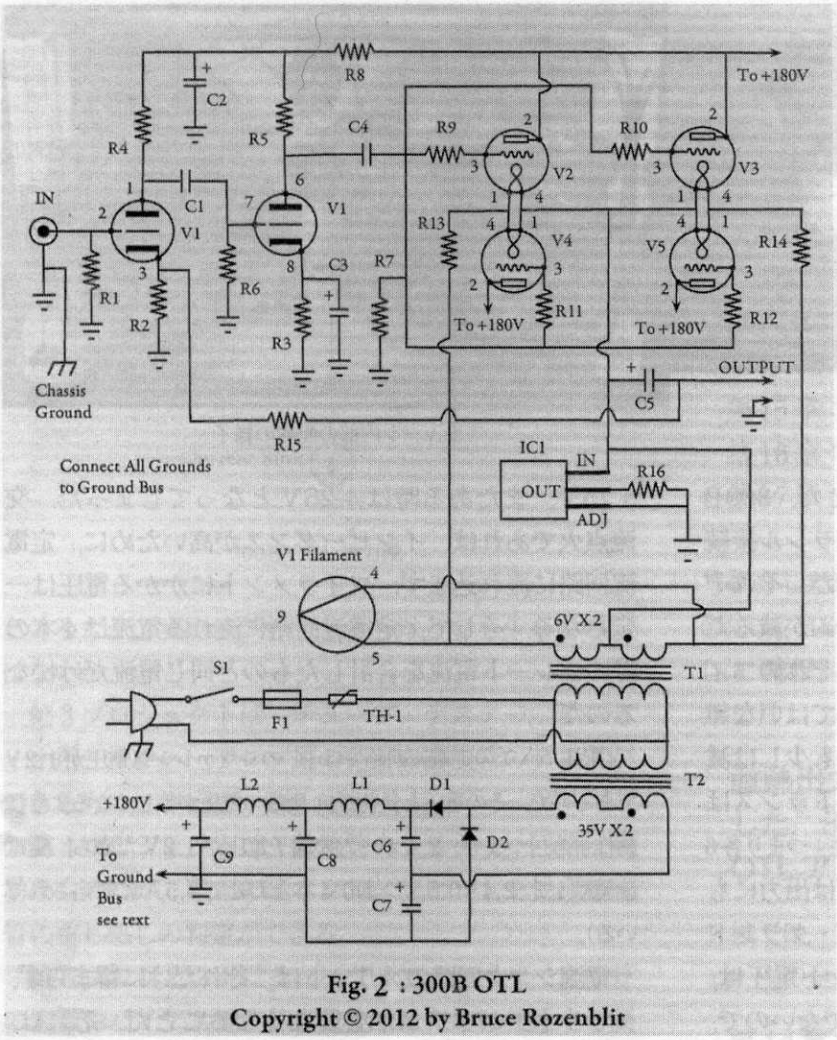


Fig. 2 : 300B OTL

Copyright © 2012 by Bruce Rozenblit

300B-OTL アンプ全回路図

〈部品表〉

- R1-100K ／ R2, R3 −499 ／ R4, R5 −30K ／ R6 −200K ／ R7-51K ／ R8-6.8K ／ R9, R10, R11, R12-10K ／ R13.R14-0.47 (10W) ／ R15-5.1K ／ R16-2.4 (5W)
- C1-0.1μF 250V ／ C2-100μF ／ 160V ／ C3 −1000μF 25V ／ C4-1.0μF 250V ／ C5 −3300μF 35V ／ C6, C7-6800μF 100V ／ C8, C9 −2200μF 200V
- D1, D2-3A, 400V 整流ダイオード
- Fl −2A スロー・ブロー・フューズ (230V 用には1A)
- LI, L2 −320 mH, 600 mA チョーク (10 オーム)
- IC1-LM317T 3端子レギュレータ
  S1-6A 電源スイッチ
- TH-1 −CL60 サーミスタ
- Tl-50VA, 2×6V トロイダル・トランス
- T2 −250VA, 2×35V トロイダル・トランス
- V_1 −12AT7
- V_2, V_3, V_4, V_5-300B

すべての抵抗はワッテージが書いていない場合, 1/2W, 1% 抵抗である.

働かず, バイアス電流は電流シンクの設定値より低い電流しか流れなくなる.

電流シンクの交流インピーダンスは一定で, とても高く, 期待する交流電流と直流電流の両者ともに上手く動作する. つまり, 交流的には変化しない高インピーダンスと, 直流的には低くて変化する抵抗として動作するのである.

これらの素晴らしい動作を達成するのに, たった2本の抵抗と, センター・タップ付きトランスと, 安価な定電圧ICで済むのである.

300Bのプレート抵抗は700オームで, OTL用途としては高い. カソード・フォロワーにすると, $\mu+1$(この場合は5) で割った値となる. そして, 4本並列に使うので, それを4で割るので, 全部で1/20となり, 計算すると, 値は35Ωとなる. それでも, スピーカーを鳴らすには, まだまだ高過ぎる. 8Ωのスピーカーを正しくドライブするには, 出力インピーダンスは1オーム以下にしなければならない. 出力インピーダンスを1オーム以下にする, 唯一の方法は, 負帰還をかけることである. 少なくとも, 31dBの帰還が必要となる. 他に可能な方法はないのである.

Aクラスのアンプでは出力管に流れるバイアス電流が最大出力電流を決定する. だから, 8オーム負荷に1Wを与えるには, ピーク電流の半分が必要で, それは, 各真空管に125mAである. この球の規格は100mAだから, この高電流を補うために, グリッド抵抗はなるべく低くして, 球の動作を安定にしなければならない. プレート損失は20Wなので, 最大損失の50%である. だから, 高めのプレート電流によるカソードでの発熱効果を打ち消して, 球はずっと低い温度で動作するはずだ.

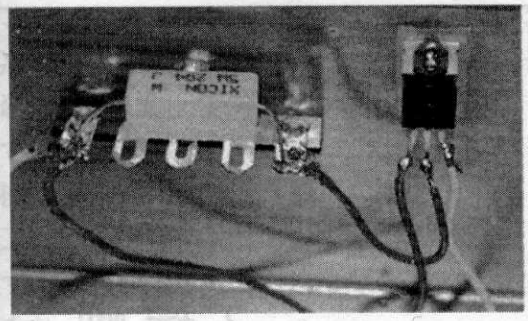
出力回路の利得は以下の式で表される.

$$\text{Gain} = \frac{\mu R_k}{r_p + (1+\mu) R_k}$$

球が4本パラレル接続されているので, 各パラメーターは以下の様になる.

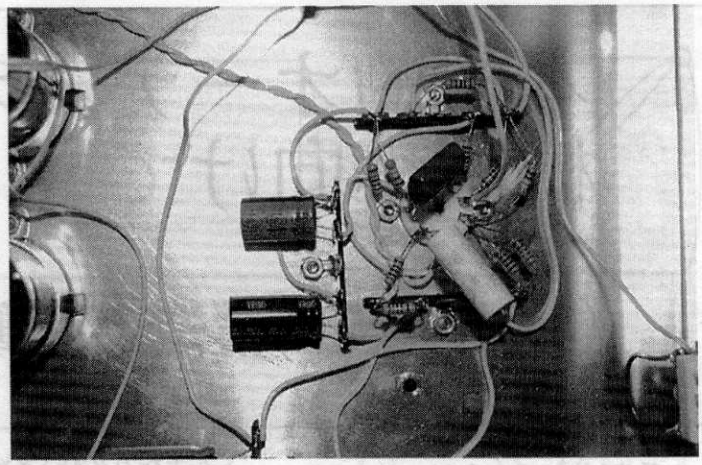
$\mu = 16$, $r_p = 175$, $R_k = 8$

これらの値から計算すると, ゲインは0.4 (−7.7



←
レギュレータ取り付け部

→
電圧ドライバ部(拡大)



dB)となる．出力回路のゲインがロスするのは，8オームのスピーカー負荷と比較して，プレート抵抗が高いからである．出力1Wを8オーム負荷で達成するには，ピーク・トゥー・ピークで8Vが必要となる．ゲインが低いので，グリッドに加えるドライブ電圧はピーク・トゥー・ピークで20V必要となるが，これは容易に達成できる．

ドライバー段は，1本の双三極管，12AT7を使用したシンプルな2段構成である．この段のゲインは以下の式で表される

$$\text{Gain} = \frac{\mu R_{pl}}{R_{pl} + r_p + R_k(\mu + 1)}$$

プレート負荷抵抗，R_{pl}は30Kのプレート抵抗と，次の段へつながる200Kのグリッド抵抗との並列値となり，それぞれの値は，

R_{pl}=26K，μ =60，R_k=499，r_p=15 K

となる．

すると，計算されたゲイン値は22

(27dB)である．2段目のゲインは1段目より高くなるが，これはカソード抵抗にバイパスコンデンサがあるからで，計算されたゲインは33 (30dB) となる．トータル・ゲインは50dBとなる．このゲインがあるので，出力インピーダンスを低くするために，十分な帰還をかけることが出来る．そこで，僕はクローズド・ループを14dBに選び，残りの36dBをフィードバックに回すことにした．

このドライバーの出力インピーダンスはたった10KΩである．球の全キャパシタンスが各30pFだと仮定すると，高域の特性は100kHzを超えるはずである．実測してみたところ，1dB落ちでの周波数は200 kHzであった．

試作回路は，10×17×3インチのシャーシーに組み込んだ．少し大きめだが，手を入れるのが楽で，試作には便利である．

グラウンド・バスは，RCAジャックからネガティブ・バインディング・ポスト(訳注：スピーカー端子のマイナス側)に接続した．回路全てのグラウンドは，ここに接続する．電源回路の最後の平滑コンデンサであるC9からグラウンド・バスに接続する．整流素子，その接続線，平滑回路の1番目のコンデンサは，オーディオ回路から離しておかなければならない．写真にあるレイアウトを参考にして頂きたい．

ICを正しく取り付けることは重要である．トランジスタTO-220の絶縁取り付けキットを使う．レギュレータがシャーシに接触する部分は，完璧にスムースで，かつバリがあってはいけない．スチールウールでよく磨くこと．取り付けネジとシャーシ間の抵抗値を測定し，抵抗値が無限大になっていなければならない．もしそうでなければ再度磨き，絶縁キットを交換する．回路が正しく動作していれば，レギュレータの入力電圧(訳注：入力端子とグランド間の電圧)は15Vプラスマイナス数ボルトになるはずだ．もし，この電圧値が3Vくらいだとしたら，何か大きな問題があるのだ．

このアンプ回路には調整や，設定する箇所はない．

このアンプはあまり熱くなることがない．消費電流は電源電圧120Vの時，1.4アンペアである．定電圧ICを取り付けたシャーシのサイド・パネルは熱くなるので，周辺の空気がよく対流するように必要な空間を確保しておかなければならない．注意すべき点は，それだけである．だから，設置したあとにすることは，最高の音で，音楽を楽しむだけ．

もし，このアンプをこの記事からだけで製作することが難しいと思う方には，キットを用意する予定である．トランセンデント・サウンド社のHPを参照して頂きたい．

(www.transcendentsound.com)．